SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le centenaire de la découverte d'Œrsted

C'est en 1820 que le physicien danois Œrsted découvrit l'action du courant électrique sur une aiguille aimantée. Vivifiée par le génie d'Ampère, cette découverte, qui établissait une relation entre l'électricité et le magnétisme, est devenue la base de la plupart des applications industrielles de l'électricité : télégraphie et téléphonie, production de l'énergie électrique par les machine magnéto et dynamoélectriques, transformation de cette énergie en énergie mécanique, etc Pour commémorer le centenaire de cette remarquable découverte, un comité danois, le Comité J.-C. Œrsted, vient d'éditer, sous la direction de M. Absalon Larsen et aux frais du Gouvernement, une luxueuse brochure dans laquelle sont reproduits, avec les caractères de l'époque, le mémoire publié en 1820 par Œrsted pour faire connaître sa découverte (1) *ainsi que les traductions qui en ont été données dans divers périodiques* (2). *Nous avons pensé que, en attendant que la Société française des Electriciens commémore le centenaire des travaux si importants de notre grand physicien, Ampère, sur l'électromagnétisme, il convenait que la « Revue générale de l'Électricité » s'associât au Comité J.-C. Œrsted en rappelant aux générations nouvelles la découverte fondamentale de cette branche de l'électricité. C'est dans ce but que nous reproduisons ci-dessous la préface de la brochure éditée par le Comité ainsi que la traduction qui a été donnée du mémoire d'Œrsted dans les « Annales de Chimie et de Physique » de 1820* (3).

I. Préface sur les travaux d'Œrsted.

Le 21 juillet 1820, le physicien danois J.-C. Œrsted (4) publia le premier rapport sur sa découverte de l'effet du courant électrique sur l'aiguille aimantée. En reconnaissant l'importance de la découverte, il rédigea ce mémoire en latin et le fit parvenir à un grand nombre d'érudits, de revues scientifiques et de sociétés savantes ; partout ce mémoire fit le plus grand bruit et fut inséré tout de suite en traduction dans les revues des sciences physiques et naturelles ; on refit partout les expériences d'Œrsted et elles provoquèrent toute une série de travaux scientifiques dans ce nouveau domaine de recherches physiques.

C'est au centième anniversaire de cet événement d'une si haute importance scientifique et technique que nous publions le présent fascicule commémoratif qui reproduit en facsimilé le mémoire latin d'Œrsted, les traductions française, italienne, allemande et anglaise publiées peu après dans les revues scientifiques, ainsi que la réimpression d'une traduction danoise parue en 1820.

Œrsted s'occupait depuis longtemps de la possibilité de relations entre l'électricité et le magnétisme, ces deux forces naturelles qui présentaient toutes les deux à l'investigation scientifique tant de phénomènes curieux et quelques applications pratiques; leur réunion doit être considérée comme un événement des plus heureux dans l'histoire des sciences naturelles, non seulement pour leurs conséquences scientifiques, mais aussi pour leurs applications pratiques.

Plusieurs années avant cette date, Œrsted avait déjà posé une théorie sur la lumière, selon laquelle celle-ci dépendrait d'un conflit électrique entre les deux espèces d'électricité. Il eut alors l'idée que les relations entre les forces électriques et le magnétisme, que l'on avait jusque-là vainement cherchées, pourraient se fonder, non sur les forces électriques elles-mêmes, mais sur le « conflit » qui surgirait entre elles au moment de leur réunion ; depuis plus d'un siècle on avait observé que la foudre avait changé les pôles des aiguilles aimantées

(1) Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam. Hafniæ 1820.

(2) Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIV, p. 417-425, Paris 1820.

Esperienze intorno all' effetto del conflitto elettrico sull' ago calamitato. *Giornale di fisica, chimica e storia naturale*, decade II, t. III, p. 335-339, Pavia 1820.

Versuche über die Wirkung des electrischen Conflicts auf die Magnetnadel. *Annalen der Physik und der physikalischen Chemie*, sechster Band, p. 295-304, Leipzig 1820.

Experiments on the Effect of a Current of Electricity on the Magnetic Needle. *Annals of Philosophy*, t. XVI, p. 273-276, London 1820.

Forsog over den electriske Vexelkamps Indvirkning paa Magnetnaalen. *Optryk efter « Hesperus »*, bind III, p. 312-321, Kiobenhavn 1820.

(3) Dans cette reproduction nous avons, à l'exemple du Comité J.-C. Œrsted, respecté l'orthographe de l'époque. Rappelons que ce mémoire a déjà été reproduit dans les « Mémoires sur l'Electrodynamique » publiés par la Société française de Physique en 1885 et 1887 sous la direction de J. Joubert.

(4) En danois : Hans Christian Orsted; en latin : Johannis Christianus Orsted.

et cette observation vint s'adapter à l'idée d'Œrsted.

Œrsted fit ses premières expériences au commencement d'avril 1820 et se confirma dans la justesse de son opinion.

Les expériences décrites dans le mémoire latin furent exécutées au mois de juillet 1820 avec une pile voltaïque composée de 20 grands éléments.

Le mémoire latin est extrêmement concis et serré, tellement serré qu'on est tenté de dire, au moins pour plusieurs parties, que chaque ligne contient une expérience.

Les résultats furent des plus surprenants. On constata d'abord que c'était le circuit fermé et non le circuit ouvert qui influençait l'aiguille aimantée, et que la force agissait perpendiculairement sur un plan tracé par le fil et le pôle magnétique. On constata ensuite qu'elle était indépendante de la nature du fil conducteur, que celui ci fût de platine, d'or, d'argent, de laiton, de fer, de plomb, d'étain, de mercure ou même d'eau, et enfin que, contrairement aux forces électriques jusque-là connues, elle pénétrait tous les corps, même les métaux et l'eau, sauf le fer.

Hans Christian Œrsted
(1777-1851)

Œrsted fit des expériences sur la direction de la force dans les diverses positions du fil conducteur, placé tantôt à l'est, tantôt à l'ouest, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de l'aiguille aimantée, parallèlement ou perpendiculairement au méridien magnétique, etc., etc., et les résultats de ces expériences furent résumés par Œrsted dans la conception que l'activité s'opère en cercles autour du fil conducteur et que le conflit entre les forces électriques n'est pas renfermé dans le fil conducteur, mais qu'il a autour de lui une sphère d'activité assez étendue. Les idées d'Œrsted sur le conflit électrique sont, sous certains rapports, plus riches, plus vastes que celles d'un temps plus moderne sur le courant électrique, et la conception moderne des électrons qui sont censés se précipiter entre les atomes à l'intérieur du fil conducteur, présente une certaine analogie avec les idées d'Œrsted.

Le savant danois continua ses expériences pendant et après la première publication de sa découverte. C'est ainsi qu'il a fait des expériences fort intéressantes sur l'effet d'un seul élément, et il a démontré, en le suspendant à un fil de manière à pouvoir se tourner dans tous les sens, que le conducteur est influencé par l'aimant (1).

Parmi les autres travaux d'Œrsted, très nombreux dans le domaine physique et chimique, nous nous contenterons de citer ses recherches sur la compressibilité de l'eau et sa préparation du chlorure d'aluminium anhydre qui a été un puissant agent de synthèse de beaucoup de composés organiques.

Pour le reste nous renvoyons à l'édition des œuvres de J.-C. Œrsted qui, à l'occasion du centenaire, est publiée par l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark sous la rédaction de Mme Kirstine Meyer née Bjer-

(1) Voir *Bibliothèque universelle des Sciences*, t. XV, p. 137-141, Genève 1820, et *Journal de Physique*, t. XCI, p. 78-80, Paris 1820. Le rapport de ces expériences se trouve aussi dans *Schweiggers Journal für Chemie und Physik*, bd. XXIX, p. 364-369, Nürnberg 1820, dans le même numéro qui donnait en pages 275-281 le mémoire latin d'Œrsted.

rum [1], et à l'édition de M. C. Harding de la correspondance d'Œrsted [2].

Jean-Christian Œrsted, né le 14 août 1777 et mort le 9 mars 1851, était professeur de physique à l'Université de Copenhague. Il a bien mérité de sa patrie par la propagation de la connaissance et de l'étude des sciences physiques. En 1824, il fonda « Selskabet for Naturlærens Udbredelse » (La Société pour la Propagation des Sciences physiques), et en 1829 fut fondée, selon les plans d'Œrsted, l'Ecole Polytechnique à Copenhague, de laquelle il était directeur jusqu'à sa mort.

Œrsted était un esprit poétique et entretenait des relations intimes avec les représentants les plus éminents de la littérature et des arts. Il était ami et protecteur du célèbre poète Hans Christian Andersen et, par son ouvrage « L'esprit dans la Nature », il exerça une grande influence sur les idées de son temps.

Par son activité stimulante et inspiratrice pour la propagation de la connaissance de la nature, il a profondément influencé plusieurs grands industriels de son temps.

Par sa découverte de l'électro-magnétisme, J.-C. Œrsted a pris rang parmi les savants de réputation universelle qui ont joué un rôle définitif dans le développement de l'électricité comme science et comme base d'applications pratiques si pleines de résultats si merveilleux et si importantes pour la civilisation humaine.

Il est donc naturel que les Danois citent le nom d'Œrsted à côté de celui de l'astronome Tycho-Brahé, dont les recherches astronomiques sont connues partout, et celui d'Ole Rœmer qui reconnut que la lumière demande du temps pour se propager et en mesura la vitesse.

La médaille Œrsted (représentée sur le titre du fascicule) se distribue en récompense de travaux scientifiques, et elle est un des nombreux signes visibles de la gratitude avec laquelle la patrie embrasse la mémoire de son fils célèbre.

II. Le mémoire d'Œrsted

EXPERIMENTA CIRCA EFFECTUM, etc. *Expériences sur l'effet du conflict électrique sur l'aiguille aimantée.*

PAR Mr J. CHR. ŒRSTED,
Professeur de physique dans l'Université de Copenhague.

(*Traduction.*) [3]

Les premières expériences sur l'objet que j'entreprends d'éclaircir ont été faites dans les leçons que j'ai données, l'hiver dernier, sur l'électricité et le magnétisme. Elles ont montré en général que l'aiguille aimantée changeait de direction par l'influence de l'appareil voltaïque ; et que cet effet avait lieu lorsque le circuit était fermé, et non lorsqu'il était interrompu, procédé que des physiciens célèbres avaient vainement essayé il y a quelques années. Mais comme mes expériences avaient été faites avec un appareil peu énergique, et dont l'effet n'était pas aussi frappant que l'importance du fait à établir le méritait, j'invitai mon ami Esmarch, conseiller de justice de S. M., à se joindre à moi pour les répéter avec un appareil plus considérable. Nous eûmes encore pour associé et témoin M. le chevalier Vlengel, les savans MM. Hauch, Reinhardt, professeurs d'histoire naturelle, Jacobsen, professeur de médecine et très-habile chimiste, et Zeize, professeur de philosophie. J'ai fait aussi quelques expériences, à moi seul ; et lorsqu'elles m'apprenaient quelque chose de nouveau, j'avais soin de les répéter en présence de ces hommes éminens dans la science.

Dans les détails qui vont suivre, j'omettrai tout ce curieux avec les puissantes piles voltaïques qu'il possède, ayant bien voulu me permettre d'assister à la vérification qu'il a faite des expériences de M Œrsted devant MM. Prévost, Pictet, de Saussure, Marcet, de Candolle, etc., j'ai pu me convaincre moi-même de l'exactitude des résultats principaux donnés par le savant Danois, savoir : 1° qu'un fil métallique en communication avec les deux poles de la pile agit sur l'aiguille aimantée ; 2° que la nature de cette action dépend, sinon de la position de la pile, du moins de la direction dans laquelle les fluides positif et négatif se meuvent dans le fil conducteur, relativement aux poles de l'aiguille ; 3° *que si le fil conducteur est placé au dessous de l'aiguille, il produira une déviation en sens inverse de celle qu'il occasionnait quand il était au-dessus.* M. de La Rive a fait les expériences, tantôt en tenant l aiguille seule sous le récipient d'une machine pneumatique, tantôt en y plaçant à la fois l'aiguille et le fil conducteur : les résultats ont toujours été les mêmes. (A.)

[1] H.-C. ORSTED. *Scientific Papers* Collected edition with two essays on his work by Kirstine Meyer, née Bjerrum, t. I, II, III., Copenhagen 1920.

[2] M.-C. HARDING. *Correspondance d'Orsted avec divers savants*, Copenhague 1920.

[3] Cet article, qui doit paraître dans le prochain Cahier de la *Bibliothèque universelle*, m'avait été communiqué, à Genève, par M. Pictet ; depuis, plusieurs savants de Paris l'ont aussi reçu directement de l'auteur. Les lecteurs des *Annales* auront remarqué que nous n'accueillons pas, en général, trop à la légère, les annonces des découvertes extraordinaires, et jusqu'ici nous n'avons eu qu'à nous applaudir de cette réserve ; mais, à l'égard du Mémoire de M. Œrsted, les résultats qu'il renferme, quelque singuliers qu'ils puissent paraître, sont accompagnés de trop de détails pour donner lieu à aucun soupçon d'erreur. J'ajouterai d'ailleurs que M. le professeur de La Rive, de Genève, qui a découvert lui-même des phénomènes extrêmement

qui m'a conduit à la découverte, et je me bornerai aux faits qui la constatent.

Notre appareil voltaïque était composé de vingt loges de cuivre rectangulaires contiguës, dont la longueur et la hauteur étaient d'environ 12 pouces, et la largeur d'environ 2 pouces et demi. Chaque loge est formée de deux lames de cuivre inclinées, de manière qu'elles puissent porter la baguette de cuivre qui soutient la lame de zinc dans l'eau de la loge voisine (1). L'eau dont on remplit les loges contient $\frac{1}{60}$ de son poids d'acide sulfurique, et un autre soixantième d'acide nitrique. La portion de chaque lame de zinc plongée dans ce liquide est un carré dont le côté est d'environ 10 pouces. On peut employer des appareils moins puissans, il suffit qu'ils soient capables de faire rougir un fil de métal.

On met en communication les poles opposés de l'appareil voltaïque, par un fil de métal que nous appellerons, pour abréger, le fil *conducteur* ou *conjonctif;* et nous désignerons l'effet qui se manifeste dans ce conducteur et autour de lui pendant l'action voltaïque, par l'épithète de *conflict électrique*.

Qu'on suppose maintenant que la partie rectiligne de ce fil soit horizontale, et placée au-dessus et parallélement à une aiguille de boussole librement suspendue. Il faut, de plus, que l'appareil soit constitué de manière qu'on puisse à volonté fléchir le fil conjonctif pour donner à sa partie active la position qu'exige l'expérience.

Dans celle qu'on vient de supposer, l'aiguille aimantée se mouvra, de manière que, sous la partie du fil conjonctif qui est la plus rapprochée du pole négatif de l'appareil, elle déclinera vers l'ouest.

Si le fil n'est pas à plus de trois quarts de pouce de l'aiguille, la déclinaison de celle-ci fait un angle d'environ 45 degrés. Si l'on augmente la distance, l'angle décroît à proportion. D'ailleurs, la quantité absolue de cette déviation varie selon que l'appareil est plus ou moins puissant.

On peut changer la direction du fil conjonctif vers l'est ou vers l'ouest, pourvu qu'il demeure parallèle à l'aiguille, sans autre changement dans le résultat que sous le rapport de son étendue; d'où il suit que l'effet ne peut pas être attribué à l'attraction; car le même pole de l'aiguille qui se rapproche du fil conjonctif lorsqu'il est du côté oriental, devrait s'en éloigner lorsqu'on le place du côté occidental, si ces déclinaisons dépendaient d'attractions ou de répulsions. Le conducteur peut être composé de plusieurs fils ou bandelettes réunies en faisceau L'espèce du métal qu'on y emploie ne change pas l'effet, mais elle influe peut-être sur son étendue. Nous avons employé avec un égal succès des fils de platine, d'or, d'argent, de laiton et de fer; des bandelettes de plomb et d'étain, et du mercure. Lorsqu'on interrompt le circuit par de l'eau, le conducteur ne perd pas tout son effet, à moins que son interruption n'ait lieu sur un espace de plusieurs pouces.

L'effet du fil conjonctif sur l'aiguille aimantée a lieu au travers du verre, des métaux, du bois, de l'eau, de la résine, des vases de terre cuite et des matières pierreuses. Toutes ces substances interposées entre le conducteur et l'aiguille ne paraissent pas diminuer sensiblement l'influence de l'un sur l'autre. Il en est de même si l'on interpose entre eux le disque d'un électrophore, une bande de porphyre, une soucoupe pleine d'eau. Nous avons éprouvé que la même influence s'exerce sur l'aiguille lorsqu'elle est placée dans une boîte de laiton remplie d'eau. Il n'est pas nécessaire de remarquer que le passage de l'électricité, ou ordinaire, ou voltaïque, au travers de ces diverses substances, n'avait pas encore été observé. Ainsi, les effets qui se manifestent dans le conflict électrique sont très-différens de ceux que l'action de l'un ou de l'autre pole, considérés séparément, peuvent produire.

Si le fil conjonctif est disposé horizontalement *sous* l'aiguille, les effets sont de même nature que ceux qui ont lieu quand il est au-dessus d'elle; mais ils s'opèrent dans une direction inverse, c'est-à-dire que le pole de l'aiguille sous lequel se trouve la partie du fil conjonctif qui reçoit l'électricité négative de l'appareil décline alors vers l'orient.

Pour se rappeler plus facilement ces résultats, on peut les rattacher à cette formule, savoir : que « le pole au-dessus duquel entre l'électricité négative décline vers l'occident, et vers l'orient, si elle entre au-dessous de lui. »

Si le fil conjonctif (toujours supposé horizontal) est tourné graduellement de manière à former un angle de plus en plus grand avec le méridien magnétique, la déclinaison de l'aiguille s'augmente si le mouvement du fil tend vers le lieu de l'aiguille troublée; elle diminue au contraire, s'il s'en éloigne.

Lorsque le fil conjonctif horizontal est rendu parallèle à l'aiguille (équilibrée par un petit curseur ou contre-poids), il ne la fait décliner ni à l'est ni à l'ouest; mais il l'incline dans un plan vertical, de manière que le pole près duquel l'action négative de la pile s'exerce sur le fil s'abaisse quand le fil est situé du côté occidental, et s'élève quand il est du côté oriental.

Si l'on dispose le fil conjonctif, soit au-dessus, soit au-dessous de l'aiguille, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, elle demeure en repos; à moins que le fil ne soit très-voisin du pole de l'aiguille; car, dans ce cas, il s'élève quand l'entrée a lieu par la partie occidentale du fil, et il s'abaisse lorsqu'elle a lieu par la partie orientale.

Lorsqu'on dispose le fil conjonctif perpendiculairement vis-à-vis le pole de l'aiguille, et que l'extrémité supérieure du fil reçoit l'électricité du côté négatif de l'appareil, le pole de l'aiguille se meut vers l'orient; mais si on place le fil vis-à-vis d'un point entre le pole et le milieu de l'aiguille, elle marche à l'occident. Les

(1) Cette description n'est pas claire; mais toutes les piles, quelle que soit leur construction, produisent les mêmes effets.

phénomènes se présentent dans l'ordre inverse quand l'extrémité supérieure du fil conjonctif reçoit l'électricité du côté positif de l'appareil.

Si l'on recourbe le fil conjonctif jusqu'à rendre parallèles les deux parties après la courbure, alors il repousse ou attire les deux poles magnétiques, selon les circonstances. Si l'on dispose le fil relativement à l'un ou l'autre pole de l'aiguille, de manière que le plan vertical qui sépare les deux côtés parallèles du fil soit perpendiculaire au méridien magnétique, et qu'alors on joigne la branche orientale du fil à l'extrémité négative de l'appareil, et la branche occidentale à l'extrémité positive, on verra que le pole de l'aiguille le plus voisin sera repoussé vers l'orient ou vers l'occident, selon la situation du plan des branches. Lorsqu'on fait communiquer la branche orientale du fil avec le côté positif de l'appareil, et sa branche occidentale avec le côté négatif, le pole le plus voisin est attiré. Quand le plan des branches du fil est perpendiculaire à l'aiguille dans un point équidistant du centre et de son pole, on a les mêmes effets, mais dans des directions inverses.

Une aiguille de laiton suspendue à la manière de celles d'acier n'est point mise en mouvement par l'influence du fil conjonctif. Il en est de même d'une aiguille faite de verre ou de gomme lacque.

Considérons pendant quelques instans l'ensemble de ces phénomènes.

Le conflict électrique n'agit que sur les particules magnétiques de la matière. Tous les corps non magnétiques sont perméables au conflict électrique; mais les corps magnétiques, ou, pour mieux dire, les particules magnétiques de ces corps, résistent au passage de ce conflict, de manière à pouvoir être mises en mouvement par l'action de ces forces qui luttent ensemble.

Il paraît, d'après les faits exposés, que le conflict électrique n'est pas renfermé dans le fil conducteur, mais qu'il a autour de lui une sphère d'activité assez étendue.

On peut aussi conclure des observations, que ce conflict agit en tournoyant ; car, sans cette supposition on ne comprendrait pas comment la même portion du fil conjonctif, qui, placée en dessous du pole magnétique, porte l'aiguille vers l'orient, la pousserait vers l'occident lorsqu'elle est au-dessus de ce pole. Mais telle est la nature de l'action circulaire, que les mouvemens qu'elle produit ont lieu dans des directions précisément contraires aux deux extrémités d'un même diamètre. Il paraît encore que le mouvement circulaire, combiné avec le mouvement progressif dans le sens de la longueur du fil conjonctif, doit former un genre d'action qui s'exerce en hélice autour de ce fil comme axe. Toutefois cette remarque ne contribue nullement à l'explication des phénomènes observés.

Tous les effets exposés tout-à-l'heure relativement au pole nord de l'aiguille s'expliqueront aisément en supposant que la force, ou la matière négativement électrique, parcourt une spirale fléchie de gauche à droite; qu'elle pousse le pole nord, et qu'elle n'agit pas sur le pole sud. De même, on expliquera les effets sur ce dernier, en accordant à cette force ou à cette matière électriquement négative un mouvement dans une direction contraire, et la faculté d'agir sur le pole sud, et non sur le pole nord. On comprendra mieux l'accord de cette loi avec les effets observés, en répétant les expériences qu'en cherchant à développer plus longuement l'explication. On l'aurait rendue plus claire si on avait pu s'aider de figures pour désigner les directions des forces électriques autour du fil conducteur.

Je n'ajouterai qu'une considération ; j'ai démontré, dans un ouvrage publié il y a sept ans, que le calorique et la lumière composaient le conflict électrique. On peut conclure légitimement des observations que je viens de rapporter, que ces effets ont lieu par des mouvemens gyratoires ; je me persuade que ces faits peuvent contribuer à éclaircir ceux qui ont rapport à ce qu'on appelle la polarité de la lumière.

Revues, analyses et informations

Valeurs de l'effort diélectrique admissibles dans l'exploitation de câbles à haute tension (1).

Dans un certain nombre d'articles publiés au cours de ces trois dernières années, on rencontre cette opinion que l'exploitation satisfaisante des câbles à haute tension est conditionnée par une valeur maximum de l'effort auquel est soumis le diélectrique; avec les modes de fabrication actuellement utilisés pour une production courante, 19,5 kv : cm représenteraient une valeur limite, au delà de laquelle des avaries sont normalement susceptibles de survenir à un câble, après un service d'une durée relativement courte. L'opinion citée se fonde sur le fait que les matières constituant l'isolation des câbles, dans les conditions d'élaboration présentement en usage, contiennent des bulles d'air ou d'autres gaz, à travers lesquelles la disruption se produit, dès que l'effort imposé à la matière isolante solide qui les environne excède 21 à 22 kv : cm. La disruption est accompagnée par le phénomène d'ionisation ou d'effets de couronne internes, et cette ionisation aurait pour résultat, dans le cas où la valeur maximum de l'effort ci-dessus spécifiée se trouve dépassée, d'exposer le câble à être mis hors de service dans un délai variant entre six mois et six années ; on peut admettre que le délai le plus court correspond à des effets d'ionisation très actifs, provoqués par des efforts très supérieurs en valeur à l'effort minimum qui donne naissance aux phénomènes d'ionisation,

(1) Charles W. Davis et Dewald M. Simons. *Electric Journal*, juillet 1920, 6000 mots, 2 fig., 1 tabl.